

明 細 書

金属薄膜チップ製造方法及び金属薄膜チップ製造装置

技術分野

- [0001] 本発明は、金属薄膜チップ製造方法及び金属薄膜チップ製造装置に関するものである。

背景技術

- [0002] 従来、表面プラズモン共鳴法（SPR法）等では、金薄膜チップの金薄膜上に固着されたリガンドとアナライトとの相互作用を光学的に観測している。このSPR法では、金薄膜上に形成されたリガンドとリガンドに結合するアナライトとの間の相互作用変化を光学的に観測するものである。上記金薄膜チップにおける金薄膜は、一般に蒸着法を用いて形成されている。
- [0003] なお、島田理化工業株式会社、“高周波加熱装置のご紹介”、[online]、[平成15年5月16日検索]、インターネット<URL：
<http://www.spc.co.jp/heating/tec.002.htm>>では、金属を加熱する高周波加熱装置が記載されている。
- [0004] また、特開2003-254904号公報（2003年9月10日公開）、特開2003-161694号公報（2003年6月6日公開）、特開2003-75447号公報（2003年3月12日公開）、特開2002-257720号公報（2002年9月11日公開）、特開平11-6834号公報（1999年1月12日公開）、または、特開平10-267834号公報（1998年10月9日公開）には、表面プラズモン共鳴法センサーチップの作製方法が開示されている。
- [0005] しかしながら、上記蒸着法で形成された金薄膜は、その表面の凹凸が大きいものとなっている。特に、SPR法では、リガンドが固着される金薄膜表面の凹凸によって、同じリガンドを同条件で固定化しても、再現性のよいデータが得られない場合があり、研究の妨げとなっている。
- [0006] また、より平坦な表面を有する金薄膜を形成するためには、スパッタリング法など蒸着法自体を改良している。しかしながら、蒸着法自体を改良するには、費用がかさむため、1枚の金薄膜チップの価格が、実用的な価格から解離するという問題がある。

発明の開示

- [0007] 本発明は、上記の問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、低コストにて金属薄膜の大きな凹凸を平坦化し得る金属薄膜チップ製造装置及び金属薄膜チップ製造方法を提供することにある。
- [0008] 本発明に係る金属薄膜チップ製造装置は、上記課題を解決するために、第1の絶縁性基板上に形成されている金属薄膜の表面を平坦化する金属薄膜チップ製造装置であって、上記金属薄膜チップが設置される設置台と、設置台に設置された金属薄膜チップの金属薄膜を、第2の絶縁性基板により金属薄膜の表面に対して垂直な方向から挟み込むとともに、加圧する加圧手段と、設置台に設置された金属薄膜チップの金属薄膜を加熱する加熱手段と、を備えることを特徴としている。
- [0009] また、本発明に係る金属薄膜チップ製造装置は、上記加熱手段は、設置台に設置された金属薄膜チップの金属薄膜を貫くように磁束を発生する磁束発生手段を備え、上記磁束により金属薄膜を加熱することが好ましい。
- [0010] また、本発明に係る金属薄膜チップ製造装置は、上記加熱手段は、上記磁束発生手段としてのコイルを備える、高周波加熱装置であることが好ましい。
- [0011] 上記の構成によれば、上記設置台に設置され、加圧されている金属薄膜チップにおける金属薄膜は、上記加熱手段により加熱されるようになっている。上記加熱手段における磁性発生手段は、磁束を発生する。また、上記加熱手段がコイルを備える高周波加熱装置である場合、上記高周波加熱装置におけるコイルは、交流電流が供給されると、コイルにて磁束が発生する。本発明に係る金属薄膜チップ製造装置では、上記磁束発生手段により発生された磁束が、上記設置台に設置された金属薄膜チップにおける金属薄膜を貫通するようになっている。このように、上記金属薄膜を磁束が貫通すると、電磁誘導により該金属薄膜内でうず電流が誘導される。金属薄膜は、このうず電流により融点あるいは融点近傍まで加熱される。
- [0012] 上記のように融点あるいは融点近傍まで加熱された金属薄膜の表面は、軟らかくなっている。そして、この金属薄膜は、上記第1の絶縁性基板と上記第2の絶縁性基板とにより挟まれ、加圧されているため、該金属薄膜の表面には接触している第2の絶縁性基板の面のプロフィールが転写される。

- [0013] 以上のように、金属薄膜チップの金属薄膜には、第2の絶縁性基板の面のプロフィールを転写することができる。この第2の絶縁性基板として、金属薄膜と接触する面の表面粗さ(面における凹凸の大きさ)が、金属薄膜の表面粗さよりも小さいものを用いることにより金属薄膜の表面粗さを改善することができる。
- [0014] したがって、本発明に係る金属薄膜チップ製造装置により平坦化された金属薄膜チップは、高度な蒸着法で作製された金属薄膜チップに比べて、容易に製造されるものであり、コストもかからない。
- [0015] また、本発明に係る金属薄膜チップ製造装置では、さらに、急速に金属薄膜チップの金属薄膜を加熱することができるので、自動化を容易に行うことができる金属薄膜チップ製造装置を実現できる。
- [0016] また、本発明に係る金属薄膜チップ製造装置は、上記加熱手段は、マイクロ波の照射により、金属薄膜チップの金属薄膜を加熱することが好ましい。さらに、上記加熱手段は、上記金属薄膜チップの金属薄膜に照射するマイクロ波を発生するマイクロ波発生手段を備える、誘電加熱装置であることが好ましい。
- [0017] 上記の構成によれば、上記マイクロ波発生手段は、金属薄膜チップの金属薄膜にマイクロ波を照射している。このため、金属薄膜表面付近では、自由電子の振動が活発になる。そして、金属薄膜は、融点または融点近傍の温度になるまで加熱されて、半融解状態のように変形しやすい状態となる。そして、加圧手段による金属薄膜の加圧により、金属薄膜の表面粗さを改善することができる。
- [0018] また、本発明に係る金属薄膜チップ製造装置は、上記設置台および加圧手段は、誘電損失が小さい材料からなることが好ましい。
- [0019] これにより、磁束が貫通したとしても、うず電流が誘導されず加熱されることはない。したがって、上記金属薄膜チップ製造装置では、金属薄膜のみを加熱することができ、上記設置台および加圧手段が加熱されることにより変形することを防止することができる。
- [0020] また、上記加熱手段は、マイクロ波の照射により、金属薄膜チップの金属薄膜を加熱する場合、上記設置台および加圧手段は、誘電損失が小さい材料からなることで、通過するマイクロ波が多くなり、マイクロ波照射で加熱されることなく、熱伝導によつ

て第1絶縁性基板や転写用の第2絶縁性基板が加熱されることがないという効果を奏する。

[0021] また、本発明に係る金属薄膜チップ製造装置は、上記設置台に設置された金属薄膜チップを真空状態または不活性ガス雰囲気にて密閉する処理室を備えることが好ましい。

[0022] これにより、金属薄膜チップの金属薄膜の酸化を防止することができ、金属薄膜の表面の品質を劣化するのを防止することができる。

[0023] また、本発明に係る金属薄膜チップ製造装置は、上記設置台に設置された金属薄膜チップを大気と同じ雰囲気にて閉鎖する処理室を備えることが好ましい。

[0024] マイクロ波には還元性があるので、上記の構成によれば、金属薄膜表面の酸化を防止できる。それゆえ、上記の構成によれば、金属薄膜チップを真空状態または不活性ガス雰囲気にて密閉する処理室を備える場合と比較して、脱気や不活性ガスでの室内置換を行うという手間を回避することができるという効果を奏する。

[0025] また、本発明に係る金属薄膜チップ製造装置は、金属薄膜チップの金属薄膜を、第2の絶縁性基板により挟み込まれた状態で固定する固定手段を備えていることが好ましい。

[0026] これにより、上記金属薄膜チップと上記第2の絶縁性基板とがずれるのを防止することができる。

[0027] また、本発明に係る金属薄膜チップ製造装置における、上記設置台および加圧手段は、上記マイクロ波を通過させる特性を有することが好ましい。

[0028] 上記の構成によれば、上記設置台及び加圧手段は、マイクロ波を通過させる特性を有するので、上記マイクロ波発生手段から発生したマイクロ波の大半が、上記設置台及び加圧手段を通過して、金属薄膜に到達する。それゆえ、金属薄膜の加熱効率が向上するという効果を奏する。

[0029] また、本発明に係る金属薄膜チップ製造装置は、上記金属薄膜は、金からなることが好ましい。

[0030] これにより、SPR法による検出に用いる金蒸着チップの金蒸着膜面を平坦化するために、本発明に係る金属薄膜チップ製造装置を用いた場合、良好に表面が平坦化

された金蒸着チップを低コストにて提供することができるという効果を奏する。

[0031] また、本発明に係る金属薄膜チップ製造装置は、上記第2の絶縁性基板における金属薄膜に接触する面は、1nm以下の表面粗さを有することが好ましい。

[0032] これにより、上記金属薄膜チップの金属薄膜には、第2の絶縁性基板の面の1nm以下の表面粗さのプロフィールを転写することができる。上記金属薄膜の表面粗さを1nm以下にすることができれば、SPR法においても再現性よく測定することができる。

[0033] これにより、上記金属薄膜チップの金属薄膜には、第2の絶縁性基板の面の1nm以下の表面粗さのプロフィールを転写することができる。上記金属薄膜の表面粗さを1nm以下にすることができれば、SPR法においても再現性よく測定することができる。

[0034] 本発明に係る金属薄膜チップ製造方法は、上記課題を解決するために、第1の絶縁性基板上に形成されている金属薄膜の表面を平坦化する金属薄膜チップ製造方法であって、上記金属薄膜を、第2の絶縁性基板により、金属薄膜の表面に対して垂直な方向から挟み込むとともに、加圧する加圧工程と、金属薄膜を加熱する加熱工程とを含むことを特徴としている。

[0035] また、本発明に係る金属薄膜チップ製造方法は、上記加熱工程において、磁束発生手段で、上記金属薄膜を磁束で貫くことにより金属薄膜を加熱することが好ましい。

[0036] 上記加圧工程および加熱工程にて、上記金属薄膜を融点あるいは融点近傍まで加熱するとともに、加圧することにより、第2の絶縁性基板の面のプロフィールを金属薄膜の表面に転写することができる。第2の絶縁性基板の表面粗さが小さいものを選択することにより、金属薄膜の表面を平坦化することができる。

[0037] また、本発明に係る金属薄膜チップ製造方法は、上記加熱工程において、マイクロ波発生手段で、マイクロ波を上記金属薄膜に照射することにより金属薄膜を加熱することが好ましい。

[0038] また、本発明に係る金属薄膜チップ製造方法は、上記加圧工程および加熱工程は、真空中または不活性ガス雰囲気、もしくは、大気と同じ雰囲気状態の何れかにて行

うことが好ましい。

[0039] これにより、金属薄膜チップの金属薄膜の酸化を防止することができ、金属薄膜の表面の品質を劣化するのを防止することができる。

[0040] また、本発明に係る金属薄膜チップ製造方法は、上記金属薄膜は、蒸着法により形成することが好ましい。

[0041] 本発明のさらに他の目的、特徴、および優れた点は、以下に示す記載によって十分わかるであろう。

図面の簡単な説明

[0042] [図1(a)]本発明に係る金属薄膜チップ製造装置の概略構成を示す断面図である。

[図1(b)]本発明に係る金属薄膜チップ製造装置の概略構成を示す断面図である。

[図2]AFMにて表面観察を行い、金蒸着膜の表面の所定の直線での表面粗さプロフィール図である。

[図3]AFMにて、上記平坦化ガラス基板の表面観察を行った金属薄膜の表面と接触する面の所定の直線での表面粗さプロフィール図である。

[図4]本発明に係る金属薄膜チップ製造装置で平坦化された金蒸着膜の表面をAFMにて金蒸着膜の表面観察を行った所定の直線における金蒸着膜の表面粗さプロフィール図である。

[図5]本発明に係る金属薄膜チップ製造装置で平坦化していない金蒸着膜の表面をAFMにて金蒸着膜の表面観察を行った所定の直線における金蒸着膜の表面粗さプロフィール図である。

[図6(a)]500℃で10時間保持したときの金蒸着膜をAFMにて金蒸着膜の表面観察を行った所定の直線における金蒸着膜の表面粗さプロフィール図である。

[図6(b)]500℃で30時間保持したときの金蒸着膜をAFMにて金蒸着膜の表面観察を行った所定の直線における金蒸着膜の表面粗さプロフィール図である。

[図7]周波数2.45GHz、発振出力950W、圧縮荷重39.2N(圧縮応力0.30MPa)、マイクロ波発振時間5分で実験し、金蒸着膜の表面をAFMにより得られた、金蒸着膜の表面粗さプロフィールである。

[図8]周波数2.45GHz、発振出力950W、圧縮荷重39.2N(圧縮応力0.30MPa

)、マイクロ波発振時間3分で実験し、金蒸着膜の表面をAFMにより得られた、金蒸着膜の表面粗さプロフィールである。

発明を実施するための最良の形態

[0043] 本発明に係る金属薄膜チップ製造装置の実施の一形態について、図1〜図6に基づいて説明すれば以下の通りである。なお、本発明はこれに限定されるものではない。

[0044] 図1(a)(b)は、本発明に係る金属薄膜チップ製造装置の概略構成を示す断面図である。図1(a)に示すように、本発明に係る金属薄膜チップ製造装置は、容器(処理室)9内に、絶縁性基板3と加圧部材4とを含む加圧手段13、チップ設置台5、コイル7とこのコイル(磁束発生手段)7に交流電流を供給する電源8とを含む加熱装置(加熱手段)12とを備えている。また、上記容器9には、当該容器9内の空気を排出する真空ポンプ(空気排出手段)11が設けられている。

[0045] 上記金属薄膜チップ製造装置では、チップ設置台5に、絶縁性基板2(第1絶縁性基板)上に金属薄膜1が形成された金属薄膜チップ10が設置されるようになっている。チップ設置台5に設置された金属薄膜チップ10は、図1(b)に示すように、チップ設置台5と加圧手段13により挟まれて、加圧される。このとき、金属薄膜チップ10における金属薄膜1は、加圧手段13における絶縁性基板3と面する(接触する)ようになっている。なお、上記金属薄膜1は、絶縁性基板2と絶縁性基板3とにより挟まれており、加圧される。

[0046] また、チップ設置台5に設置され、加圧されている金属薄膜チップ10における金属薄膜1は、上記加熱装置12により加熱されるようになっている。この加熱装置12について説明する。上記加熱装置12におけるコイル7は、電源8により交流電流が供給されると、コイル7にて磁束が発生する。上記金属薄膜チップ製造装置では、上記コイル7により発生された磁束が、上記チップ設置台5にされた金属薄膜チップ10における金属薄膜1を貫通するようになっている。このように、上記金属薄膜1を磁束が貫通すると、電磁誘導により該金属薄膜1内でうず電流が誘導される。金属薄膜1は、このうず電流により融点まで達するまで加熱される。

[0047] 上記のように融点まで加熱された金属薄膜1の表面は、軟らかくなっている。そして

、この金属薄膜1は、絶縁性基板2と絶縁性基板3とにより挟まれ、加圧されているため、該金属薄膜1の表面には接触している絶縁性基板3の面のプロフィールが転写される。

[0048] 以上のように、金属薄膜チップ10の金属薄膜1には、絶縁性基板3の面のプロフィールを転写することができる。この絶縁性基板3として、金属薄膜1と接触する面の表面粗さ(面における凹凸の大きさ)が、金属薄膜1の表面粗さよりも小さいものを用いることにより金属薄膜1の表面粗さを改善することができる。上記絶縁性基板3の表面粗さとしては、例えば、上記金属薄膜1を蒸着により形成した場合には、表面粗さが5nmであり、この表面粗さを改善することができればよく、2nm〜1nmが好ましく、1nm以下であることが好ましい。金属薄膜1の表面粗さを1nm以下にすることができれば、SPR法においても再現性よく測定することができる。また、表面に固定化するリガンドを直接AFM(原子間力顕微鏡)等で観測することも可能となる。

[0049] なお、絶縁性基板2および絶縁性基板3は絶縁性材料であるので、磁束が貫通したとしても、うず電流が誘導されず加熱されることはない。したがって、上記金属薄膜チップ製造装置では、金属薄膜1のみを加熱することができ、絶縁性基板2および絶縁性基板3が加熱されることにより変形することを防止することができる。

[0050] また、真空ポンプ11により容器9内を真空状態にすることにより、金属薄膜チップ10の金属薄膜1が酸化等により劣化することを防止することができる。また、真空ポンプ11の代わりに、不活性化ガスを容器9内に注入する不活性化ガス置換装置が設けてもよく、これによっても金属薄膜チップ10の金属薄膜1の劣化を防止することができる。

[0051] また、上記金属薄膜チップ10と絶縁性基板3とがずれるのを防止するために、固定部材を設けてもよい。本実施の形態では、この固定部材としては、絶縁性材料からなるテープ等が挙げられるが、絶縁性材料からなるものであれば特に限定されることはない。また、上記では、加圧手段13は、加圧部材4と絶縁性基板3とからなっているが、絶縁性基板3が分離している構成であってもよい。この場合、予め絶縁性基板3を金属薄膜チップ10に密着させてチップ設置台5に設置し、加圧部材4で加圧すればよい。

[0052] 以下、各部材について説明する。

[0053] 上記金属薄膜チップ10としては、従来の薄膜作製方法で作製された金属薄膜1を絶縁性基板2に形成させたチップであれば特に限定しないが、例えば、蒸着法またはスパッタリング法にて金属薄膜1を絶縁性基板2に蒸着させた安価なチップが挙げられる。

[0054] 上記絶縁性基板2および絶縁性基板3の材料としては、絶縁性材料であれば特に限定しないが、コイル7による金属薄膜1の加熱の際に発生する発熱量により軟化しにくい材料が好ましい。これにより、金属薄膜1を加圧及び加熱する際に、絶縁性基板2および絶縁性基板3が変形することがない。よって、金属薄膜1の表面の平坦化の際、正確に絶縁性基板2または絶縁性基板3の表面の凹凸を金属薄膜チップ10の金属薄膜1表面に転写することができ、より均一に金属薄膜の表面を平坦化できる金属薄膜チップ製造装置を提供することができる。

[0055] また、例えば、SPR法で用いる金蒸着膜を平坦化する場合には、絶縁性基板2または絶縁性基板3の材料として、ガラス材料が好ましい。

[0056] また、加圧部材4及びチップ設置台5の材料としては、絶縁性材料であれば特に限定しないが、石英ガラス、セラミックが好ましい。これらの部材も、上記絶縁性基板2または絶縁性基板3に接触するため、コイル7により加熱されると絶縁性基板2または絶縁性基板3の温度を上昇させ、加圧により絶縁性基板2または絶縁性基板3を変形させる可能性があるからである。特に、加圧部材4及びチップ設置台5の材料としては、誘電損失の小さい材料が好ましい。

[0057] また、本実施の形態では、金属薄膜チップ10の金属薄膜1は、金属薄膜1の融点まで加熱されているが、これに限定されず、金属薄膜1が軟化する温度で加熱されていてもよい。このような金属薄膜1の加熱温度は、電源8がコイル7へ供給する交流電流の周波数により影響される。上記の交流電流の周波数が高いほど、高密度の磁束がコイル7に生成される。この高密度の磁束が、金属薄膜チップ10の金属薄膜1を貫くことにより、金属薄膜1内で密度の高いうず電流が発生し、より短時間で金属薄膜チップ10の金属薄膜1を融点あるいは融点近傍まで加熱することが可能になる。加熱時間は、絶縁性基板2および絶縁性基板3の温度上昇に関係し、長ければ長いほど

温度が上昇する。そのため、絶縁性基板2および絶縁性基板3の変形を考慮すると、上記加熱時間は短いほうが好ましい。したがって、上記金属薄膜1を短時間で加熱するために、上記交流電流の周波数は、数KHz〜数MHzの周波数で設定されていることが好ましい。また、うず電流による金属薄膜1の発熱量は、金属薄膜1の材料の固有抵抗や透磁率により異なるので、上記交流電流の周波数は、金属薄膜チップ10の金属薄膜1の材料により適宜設定することができる。

[0058] また、金属薄膜チップ10の金属薄膜1の加熱時間、すなわち上記コイル7に供給される交流電流の供給時間は、上述の加熱温度によって影響されるので、金属薄膜チップ10の金属薄膜1の材料により適宜設定することができる。

[0059] また、上記加圧部材4及び設置台5による加圧荷重は、上記のように金属薄膜1を融点まで加熱した場合には、0.1〜10MPa程度で金属薄膜1に絶縁性基板3の表面の凹凸を転写することができ、好ましい。なお、この加圧荷重は、特に限定されることなく、絶縁性基板2および絶縁性基板3が破損しない範囲であればよく、上記の金属薄膜1の加熱時間及び加熱温度、金属薄膜1の金属の種類及び金属薄膜チップ10の金属薄膜面の面積により適宜設定することができる。

[0060] また、図1の金属薄膜チップ製造装置では、設置台5に設置された金属薄膜チップ10の金属薄膜1を、絶縁性基板3により金属薄膜1の垂直上方から挟み込むとともに加圧していたが、金属薄膜1の表面に対して垂直方向から挟み込む構成であればよい。例えば、金属薄膜チップ製造装置としては、図1において加圧部材4が加圧荷重をかける方向を上方向として、金属薄膜を横方向(上記上方向と垂直な方向)から挟みこむ構成が挙げられる。

[0061] 次に、本発明に係る金属薄膜チップ製造装置における金属薄膜チップ製造方法の一例を説明する。

[0062] まず、金属薄膜1を絶縁性基板2に形成させた金属薄膜チップ10を用意する。次に、この金属薄膜チップ10金属薄膜1を加圧手段における絶縁性基板3により、金属薄膜1の垂直上方から挟み込むとともに、加圧する(加圧工程)。

[0063] また、加熱手段12におけるコイル7より、上記金属薄膜1を磁束で貫くことにより金属薄膜1を加熱する(加熱工程)。この際、容器9内を真空状態あるいは不活性ガス

雰囲気にしてもよい。上記磁束は、電源8からコイル7へ交流電流を供給することにより発生させることができる。

[0064] 上記加圧工程および加熱工程により、金属薄膜1を融点あるいは融点近傍まで加熱するとともに、加圧することにより、絶縁性基板3の面のプロフィールを金属薄膜1の表面に転写することができる。この絶縁性基板3の表面粗さが小さいものを選択することにより、金属薄膜1の表面を平坦化することができる。

[0065] 以上のように、本発明に係る金属薄膜チップ製造装置及び金属薄膜チップ製造方法により、簡単で安価な蒸着法により得られた金属薄膜チップの金属薄膜を、加圧手段により加圧しながら、コイルにより短時間で加熱しているので、これに要するコストは、高度な蒸着法を用いる場合に比べて、遥かにかからない。さらに、急速に金属薄膜チップの金属薄膜を加熱することができるので、自動化も容易である。

[0066] また、本発明に係る金属薄膜チップ製造装置及び金属薄膜チップ製造方法を、特に、SPR法で用いる金蒸着チップに採用したとき、平坦な金蒸着膜面を有する金蒸着チップを迅速にかつ大量に得ることが可能となる。したがって、SPR法に用いる金蒸着チップとして日常的に用いるほどの低コストを実現でき、再現性の良好なデータを得ることができる。

[0067] また、本発明において、加熱手段は、設置台に設置された金属薄膜チップの金属薄膜を加熱することができるものであれば、特に限定されない。例えば、上記加熱手段は、マイクロ波を発生するマイクロ波発生手段を備えていてもよい。上記金属薄膜チップの金属薄膜に照射することにより、加熱手段は、金属薄膜を加熱する。

[0068] 膜厚が比較的大きい金属薄膜(膜厚数 μm 〜数 mm)にマイクロ波を照射した場合、金属薄膜の表面付近は、自由電子の振動が活発になり、加熱される。しかしながら、この自由電子の振動の活発化に伴い、後続のマイクロ波は金属薄膜内部に進入することができなくなるため、マイクロ波の多くは、金属薄膜表面で反射するという、遮蔽効果が起きてしまう。また、金属薄膜表面付近の自由電子の振動が活発になりすぎると、自由電子が空中に飛び出したり、別の物体に飛び移ったりするという、いわゆる放電現象が起きる。このため、これまで金属を加熱する方法として、マイクロ波照射を利用することは、ほとんどなかった。

- [0069] しかしながら、本発明の金属薄膜チップ製造装置に適用されうる、例えば金蒸着チップのような、膜厚が非常に薄い金属薄膜(膜厚nmオーダー)の場合、金属薄膜全体が表面付近とみなせる。それゆえ、照射するマイクロ波の供給量を適切に調整することで、金属薄膜が融点あるいは融点近傍の温度、すなわち、金属薄膜が半溶解状態になるまで加熱することが可能になる。
- [0070] また、膜厚が非常に薄い金属薄膜の場合にも、金属薄膜の表面付近の自由電子の振動が活発になりすぎると、自由電子が空中に飛び出し、放電現象が起きやすくなる。しかしながら、本発明の金属薄膜チップ製造装置では、加圧手段が設置台に設置された金属薄膜チップの金属薄膜を、第2の絶縁性基板により金属薄膜の表面に対して垂直な方向から挟み込むとともに、加圧する。このため、金属薄膜は、設置台と第2絶縁性基板との間で密着された状態になる。それゆえ、自由電子は、空中に飛び出しにくくなり、放電現象をかなり抑制することができる。
- [0071] また、加圧手段及び設置台は、誘電損失が小さい材料が好ましい。誘電損失が大きい場合、通過するマイクロ波が少ないだけでなく、マイクロ波照射により加熱され、熱伝導により第1絶縁性基板や転写用の第2絶縁性基板が加熱されるので、好適ではない。誘電損失が小さい材料を用いる場合、加圧手段及び設置台は、マイクロ波によりほとんど加熱されない。また、加圧手段及び設置台は、マイクロ波を通過させる特性を有することが好ましい。これにより、上記マイクロ波発生手段から発生したマイクロ波の大半が、上記設置台及び加圧手段を通過して、金属薄膜に到達する。それゆえ、金属薄膜の加熱効率が向上するという効果を奏する。
- [0072] このようなマイクロ波を通過する特性を有するものとしては、例えば、パイレックス(登録商標)ガラス、石英ガラス、シリコン樹脂、ポリスチレン、ポリプロピレン、またはフッ素樹脂等の高分子材料が挙げられる。加圧手段及び設置台の材料として、シリコン樹脂、ポリスチレン、ポリプロピレン、またはフッ素樹脂等の高分子材料を用いる場合、特に、上述した、金属薄膜チップ製造装置を金属薄膜を横方向(上記上方向と垂直な方向)から挟みこむ構成とした場合、好適に用いることが可能である。
- [0073] その中でも、パイレックス(登録商標)ガラスは、マイクロ波の大半を通過させ、かつ、誘電損失が小さいので好ましい。マイクロ波の一部は吸収されるが、パイレックス(

登録商標)ガラスは誘電率が小さいので、マイクロ波が照射されても高温にはならない。それゆえ、照射されたマイクロ波の大半は、パイレックス(登録商標)ガラス製の加圧手段及び設置台を貫通して、金属薄膜の表面まで到達する。なお、パイレックス(登録商標)ガラスは、家庭用電子レンジの容器として用いられている。

[0074] また、石英ガラスは、パイレックス(登録商標)ガラスよりも誘電損失が小さく、加圧手段及び設置台からの発熱をかなり抑制することができるので、尚好ましい。

[0075] また、本発明に係る金属薄膜チップ製造装置は、マイクロ照射による加熱を行う場合、上記設置台に設置された金属薄膜チップを大気と同じ雰囲気にて閉鎖する処理室を備えることが好ましい。

[0076] 高周波加熱装置による加熱の場合、雰囲気中に酸素があると金属薄膜表面が酸化されやすくなる。それゆえ、高周波加熱装置による加熱の場合、真空中もしくは不活性ガス中で金属薄膜を加熱することが望ましい。しかしながら、マイクロ波照射による加熱の場合、マイクロ波に還元性があるので、酸素が存在する大気中でも加熱を行うことが可能になる。それゆえ、金属薄膜チップを真空状態または不活性ガス雰囲気にて密閉する処理室を備える場合と比較して、脱気や不活性ガスでの室内置換を行うという手間を回避することができるという効果を奏する。なお、この場合、マイクロ波が外へ出さないようにするために閉鎖する処理室が必要である。

[0077] また、マイクロ波発生手段における、マイクロ波の発振周波数、発振出力、または発振時間、あるいは加圧手段による加圧荷重は、金属薄膜の大きさ、絶縁性材料の種類、金属薄膜チップの設置場所、または処理室の空間構造等に応じて適宜設定することができる。定性的には、マイクロ波の発振周波数及び発振出力を大きくした場合、発振時間が短くてよい。

[0078] 例えば、金属薄膜チップとして金蒸着チップを適用した場合、マイクロ波の発振周波数が2.45～100GHz、発振出力0.1～2kW、発振時間0.1～10分に設定することが好ましい。

[0079] 発振周波数2.45GHzは、ISM周波数帯として最大放射許容値の制限がない周波数であり、工業用、科学用、医療用、または家庭用の様々な機器または装置のために開放されている。現在、工業用としてこの周波数よりも高い発振機が開発されて

おり、ジャイラトロンと呼ばれている。このような発振機としては、発振周波数28GHz、または、100GHzのものがある。しかしながら、このような発振周波数が高い発振機は、高価であり、5.8GHzまでのものが実用的である。このため、本発明に適用しうるマイクロ波の発振周波数は、2.45〜5.8GHzが特に好ましい。

[0080] また、後述する実施例に示すように、発振出力950Wで金属薄膜を加熱したところ、5分間のマイクロ波照射で、金属薄膜は半溶解状態になったのに対して、3分間のマイクロ波照射では、まだ加熱温度が低かった。また、発振出力を950Wよりも弱くすると、金属薄膜が半溶解状態になるまで、かなり長時間(数十分)を要することがわかった。それゆえ、マイクロ波発振出力は、金属薄膜の大きさ、絶縁性材料の種類、金属薄膜チップの設置場所、または処理室の空間構造等に応じて適宜設定することができるが、発振出力0.1〜2kWが好ましい。なお、上記の発振出力は、金属薄膜チップ1枚当たりの発振出力である。金属薄膜チップを何枚も同時に加熱する場合、金属薄膜チップの枚数に乗じた発振出力が必要である。工業用大型発振装置には、90kWのものもある。

[0081] また、発振時間は、上記のマイクロ波の発振周波数または発振出力、その他様々な条件に応じて、適宜設定することが可能であるが、0.1〜10分に設定することが好ましい。

[0082] また、加圧手段による加圧荷重は、金属薄膜の強度に応じて適宜設定することが可能である。金属薄膜が軟かくて変形しやすい場合、加圧荷重を小さく設定することができる。また、逆に温度が低く変形しにくい場合、大きな加圧荷重を必要とする。後述する実施例に示すように、マイクロ波照射による加熱の場合、金蒸着膜が融点近くまで加熱され、金蒸着膜が半融解状態になった。このため、0.30MPaの加圧荷重をかけることで、第2の絶縁性基板の表面プロフィールを転写することができた。それゆえ、金属薄膜が完全に融解し液体の状態になっている場合、加圧荷重はより低い荷重でもよい。しかしながら、金属薄膜を液体の状態にし低い加圧荷重をかける場合、金属が流れ出る可能性もある。また、逆に、加圧荷重を大きくする場合(10MPaより大きい場合)、第2の絶縁性基板が破損する恐れがある。それゆえ、加圧手段による加圧荷重は、0.1〜10MPaが好ましい。

[0083] より具体的には、マイクロ波発振周波数2.45GHz、発振出力950W、発振時間5分に設定し、加圧手段による加圧荷重を0.30MPaに設定することで、金蒸着チップの金蒸着膜の平坦化が実現される。

[0084] 以上のように、金属薄膜をマイクロ波加熱し、半融解状態のように変形しやすい状態を達成することで、加圧手段は、より小さな加圧荷重(圧縮応力)で金属薄膜表面を変形することができる。それゆえ、第2の絶縁性基板の表面プロフィールをより容易に金属薄膜表面へ転写することが可能になる。

[0085] また、マイクロ波照射による加熱において、加圧及び加熱する環境は、特に限定されるものではなく、大気中、不活性ガス中、または真空中であってもよい。

[0086] 本発明に係る金属薄膜チップ製造装置は、以上のように、金属薄膜チップが設置される設置台と、設置台に設置された金属薄膜チップの金属薄膜を、第2の絶縁性基板により金属薄膜の表面に対して垂直な方向から挟み込むとともに、加圧する加圧手段と、設置台に設置された金属薄膜チップの金属薄膜を加熱する加熱手段とを備え、上記加熱手段は、設置台に設置された金属薄膜チップの金属薄膜を貫くように磁束を発生する磁束発生手段を備え、上記磁束により金属薄膜を加熱する、または、マイクロ波の照射により、金属薄膜チップの金属薄膜を加熱するものである。

[0087] これにより、金属薄膜を融点あるいは融点近傍まで加熱することが可能になり、金属薄膜の表面には接触している第2の絶縁性基板の面のプロフィールを容易に転写することができる。それゆえ、加圧手段による金属薄膜の加圧により、金属薄膜の表面粗さを改善することができ、金属薄膜チップを容易に平坦化できる。

[0088] 以下、本発明の好ましい様態を実施例においてより詳細に説明するが、これらの実施例は、本発明を説明するためのものであり、本発明がこれに限定されるものではないことは言うまでもない。当業者は、本発明の範囲を逸脱することなく種々の変更、修正、および改変を行うことができる。

[0089] 以下、金属薄膜チップ10として、蒸着法またはスパッタリング法によりガラス基板(絶縁性基板2に相当)上に金を蒸着させた金蒸着チップを用いた実施例について説明する。金蒸着膜が、金属薄膜1に相当する。

[実施例1:金蒸着膜の膜厚の測定]

本実施例では、上記金蒸着チップにおける金蒸着膜の膜厚を測定した。

[0090] 金蒸着チップの金蒸着膜面をピンセットで引っ搔いて、傷をつけガラス基板を露呈した後、原子間力顕微鏡 (AFM) にて金蒸着膜の表面観察を行った。図2は、AFM にて表面観察を行い、金蒸着膜の表面の所定の直線での表面粗さプロフィール図を示す。金蒸着膜の表面上のC点の位置は、ピンセットで引っ搔いていない位置の表面形状を表している。また、D点の位置は、ピンセットで引っ搔いて、傷をつけ絶縁性基板2を露呈した位置での表面形状を表している。なお、同図において、x方向は、金蒸着膜面の所定の直線方向を示し、z方向は、該直線における金蒸着膜の表面が平坦であるとしたときの垂直方向を示す。

[0091] 図2の表面プロフィールが示すように、金蒸着膜の表面のC点とD点とで明確な段差が認められた。C点とD点とで垂直距離の差を測定したところ、約50nmであった。D点は、ガラス基板が露呈した位置であるので、金蒸着膜の膜厚が50nmであることがわかった。

[実施例2: 平坦化用ガラス基板の表面粗さの測定]

本発明に係る金属薄膜チップ製造装置における、絶縁性基板3として用いる平坦化用ガラス基板の、金属薄膜チップ10の金属薄膜の表面と接触する面の表面粗さを測定した。

[0092] 上記平坦化用ガラス基板において、金属薄膜チップ10の金属薄膜1の表面と接触する面をAFMにて観察を行った。図3は、AFMにて、上記平坦化ガラス基板の表面観察を行った金属薄膜1の表面と接触する面の所定の直線での表面粗さプロフィール図を示す。なお、同図において、x方向は、平坦化用ガラス基板の金属薄膜1の表面と接触する面の所定の直線方向を示し、z方向は、該平坦化ガラス基板の面が平坦であるとしたときの垂直方向を示す。

[0093] 図3の表面粗さプロフィール図から、上記平坦化ガラス基板の表面粗さの値は1nmであることがわかった。なお、この表面粗さの値は、表面粗さプロフィール図における隣接した山と谷との高さの差である。したがって、表面粗さの値は大きいほど、表面の凹凸が大きい。

[実施例3: 本発明に係る金属薄膜チップ製造装置による金蒸着膜の平坦化]

上記金属薄膜チップ製造装置を用いて、上記金蒸着膜の平坦化を行った。この金蒸着膜は、実施例1で示したように、50nmである。また、金蒸着膜の面積は、 $3\text{mm} \times 5\text{mm} = 15\text{mm}^2$ である。なお、絶縁性基板3としては、実施例2で用いた平坦化用ガラス基板を用いた。

[0094] まず、上記金蒸着膜の表面をAFMにて観察した。図5は、AFMにて金蒸着膜の表面観察を行った所定の直線における表面粗さプロフィール図を示す。なお、同図において、x方向は、金蒸着膜面の所定の直線の方角を示し、z方向は、該直線における金蒸着膜の表面が平坦であるとしたときの垂直方向を示す。図5の表面粗さプロフィール図から、上記金蒸着膜の表面粗さの値は5nmであることがわかった。

[0095] また、本実施例では、加圧部材4およびチップ設置台5として石英ガラス製のものを用いて、上記金蒸着膜の平坦化を行った。なお、加圧部材4により金蒸着膜にかける加圧荷重は、圧縮応力1MPaとした。容器9を真空状態としてコイル7に1.7KHzの交流電流を供給して、金蒸着膜を30秒間加熱した。さらに、本実施例では、金蒸着チップと平坦化ガラス基板とがずれないように、固定部材としてセロハンテープで固定した。

[0096] 加熱後、上記セロハンテープには全く変化が見られず、セロハンテープは、加熱されていないことがわかった。また、上記金蒸着チップのガラス基板についても、加熱直後に手で触れることができた。このことは、コイル7により金蒸着膜のみが加熱されることを示している。また、コイル7の内側に発生するうず電流による、上記金蒸着膜の総発熱量が低いことを示している。

[0097] 上記の処理を行った金蒸着膜の表面をAFMにて観察した。図4(a)及び(b)は、AFMにて表面観察を行った金蒸着膜面の所定の直線での表面粗さプロフィール図を示す。なお、同図において、x方向は、金蒸着膜面の所定の直線の方角を示し、z方向は、該直線における金蒸着膜の表面が平坦であるとしたときの垂直方向を示す。

[0098] 図4(a)に示すように、本発明に係る金属薄膜チップ製造装置にて処理した金蒸着膜の表面粗さの値は1nmであった。この表面粗さの値は、実施例2で用いたガラス基板の表面粗さの値と等しく、ガラス基板のガラス表面のプロフィールが金蒸着膜の表面に転写されたことを示している。これにより、金蒸着膜の表面のプロフィールが平坦

な表面に改変されたことがわかる。

- [0099] また、図4(b)に示すように、金蒸着膜の表面において比較的凹凸の大きな部分も見られる。この部分の表面粗さの値は2nmであった。これは、転写の際の金蒸着チップの金蒸着膜の表面に対する圧縮荷重が不足したため、金が平坦化用ガラス基板の面への充填が不十分になったためであると考えられる。したがって、この表面粗さは、圧縮荷重を増やすことで改善することができる。

〔比較例1〕

本願発明者は、金蒸着した絶縁性基板を加圧することなく加熱して、絶縁性基板上の金蒸着粒子を凝集成長させることにより、金蒸着膜表面凹凸を平坦化する方法も検討した。金の再結晶温度(200℃付近)よりも高い温度で加熱すると、金蒸着粒子は、界面エネルギーを駆動力として凝集成長し、金蒸着膜が平坦化する。しかしながら、加熱温度が高いと絶縁性基板が軟化してしまうので、金蒸着膜を平坦化することができない。したがって、加熱温度は、ガラスの軟化点500℃よりも低い温度にしなければならない。そこで、加熱温度を500℃にしたときに金蒸着膜を凝集成長して平坦化する方法を試みた。

- [0100] 金蒸着チップを真空中にて、100℃/hで500℃まで加熱した。そして、加熱後、500℃にて10時間または30時間保持し、100℃/hで室温まで冷却した。

- [0101] この金蒸着膜の表面をAFMにて観察を行った。図6(a)及び(b)に、AFMにて金蒸着膜の表面観察を行った所定の直線における金蒸着膜の表面粗さプロフィール図を示す。なお、同図において、x方向は、金蒸着膜面の所定の直線方向を示し、z方向は、該直線における金蒸着膜の表面が平坦であるとしたときの垂直方向を示す。図6(a)は、500℃で10時間保持したときの金蒸着膜の表面粗さプロフィール図を示し、図6(b)は、500℃で30時間保持したときの金蒸着膜の表面粗さプロフィール図を示す。

- [0102] 図6(a)及び(b)に示すように、凝集粗大化している部分(図6(a)のFの表面領域及び図6(b)のHの表面領域)の表面粗さの値は2nmであった。一方、凝集粗大化していない部分(図6(a)のEの表面領域及び図6(b)のGの表面領域)の表面粗さの値は、5nmであった。その結果、加熱温度を500℃として金蒸着膜を凝集成長させ

たとき、金蒸着粒子は、凝集粗大化していることがわかった。10時間保持した場合よりも30時間保持した場合のほうが、金蒸着粒子の粗大化が進行している。しかしながら、30時間保持した場合でも凝集粗大化は局部的であり、凝集粗大化していない部分も認められた。さらに長時間保持した場合、金蒸着膜の表面粗さも金蒸着膜表面全体に均一(表面粗さの値が2nm)になると予想される。しかしながら、金蒸着膜の表面の凹凸を平坦化するのに、界面エネルギーのみを駆動力として利用しているので、金蒸着粒子の凝集粗大化速度がかなり遅くコスト的に問題がある。

[実施例4]

本発明の金属薄膜チップ製造装置を用いて、金蒸着膜の平坦化を行った。この金蒸着膜の面積は、 $13\text{mm} \times 10\text{mm} = 130\text{mm}^2$ である。

[0103] 金蒸着膜を、表面粗さが1nm以下の平坦化用ガラス基板(第2の絶縁性基板)で挟み込み、金蒸着膜に対して垂直に圧縮荷重をかけた。なお、上記圧縮荷重用の錘(加圧手段)には、パイレックス(登録商標)ガラス板を用いた。また、上記圧縮荷重の増減の調整は、パイレックス(登録商標)ガラス板の枚数を変えることにより行われた。

[0104] そして、大気中雰囲気、金蒸着膜にマイクロ波を照射することで、金蒸着膜の平坦化を行った。マイクロ波発生手段としては、周波数2.45GHz、発振出力950Wのものを使用した(市販の電子レンジ)。また、金蒸着膜平坦化のための温度調整は、マイクロ波発振時間を変えることにより行われた。

[0105] そして、金蒸着膜平坦化後、金蒸着膜表面をAFMにより観察した。

[0106] 本実施例では、圧縮荷重39.2N(圧縮応力0.30MPa)、マイクロ波発振時間5分で実験し、金蒸着膜の表面をAFMにより観察した。AFMによる観察の結果得られた、金蒸着膜の表面プロフィールを図7に示す。図7に示すように、金蒸着膜の表面粗さは、1nm程度となっており、平坦化用ガラス基板の表面の凹凸が転写されたことがわかる。

[比較例2]

マイクロ波発振時間を3分としたこと以外は、上記実施例5と同様の操作を行い、金蒸着膜の表面をAFMにより観察した。その結果、金蒸着微粒子の凝集が観察され

た。このことは、金蒸着膜が高温に加熱されたことを示唆している。AFMによる観察の結果得られた、金蒸着膜の表面プロフィールを図8に示す。図8に示すように、金蒸着膜の表面粗さは、マイクロ波発振前よりも大きくなっている。それゆえ、マイクロ波発振時間3分では、蒸着微粒子が凝集して粗大化したものの、降伏応力がまだ高かったため、0.30Paの圧縮応力では、金蒸着膜が十分に変形せず、平坦化ガラス基板の表面の凹凸が十分に転写されなかったものと考えられる。なお、マイクロ波発振時間を20分としたが、放電は起こらなかった。

[0107] 上記実施例4と上記比較例2とから、マイクロ波加熱における加熱条件及び加圧荷重の最適条件について、考察する。

[0108] 平坦化用ガラス基板の表面の凹凸が金蒸着膜表面に転写されるか否かは、金蒸着膜の降伏応力の大きさと、平坦化用ガラス基板を介して作用する圧縮応力の大きさに依存する。上記降伏応力が小さければ、上記圧縮応力が小さくても金蒸着膜表面への転写が可能となる。しかしながら、降伏応力が大きい場合、圧縮応力をかなり大きくしなければ、金蒸着膜への転写ができない。また、上記降伏応力は、金蒸着膜の温度が高くなるほど低下する。特に、金蒸着膜が半融解状態である場合、降伏応力は、極端に小さくなる。

[0109] 上記実施例4では、出力950Wで5分間マイクロ波を発振して、金蒸着膜の平坦化を行っている。この金蒸着膜の表面プロフィールが図7に示されている。実施例4において、わずか0.30Paの圧縮応力で、平坦化用ガラス基板の表面の凹凸を、金蒸着膜へ転写することができたため、金蒸着膜は、マイクロ波による加熱によって、半融解状態になっていると考えられる。一方、上記比較例2のように、マイクロ波を3分間発振した場合、図8に示すように、0.30Paの圧縮応力では、十分に平坦化用ガラス基板の表面の凹凸を金蒸着膜へ転写できなかった。これは、上述のように、金蒸着膜の温度が若干低く、降伏応力がまだ高かったためであると考えられる。したがって、降伏応力を超える大きさまで圧縮応力を高くすることで、金蒸着膜の表面粗さを改善することができる。

[0110] 一方、マイクロ波の発振出力を大きくした場合、より短時間で金蒸着膜が半融解状態になると考えられる。処理時間の短縮と金蒸着チップの大量生産の面から、発振

出力が大きい方が好ましい。なお、業務用のマイクロ波発振機としては、発振出力1.5kWからさらに大きなものまで、種々市販されている。

[0111] 以上のように、平坦化用ガラス基板の表面の凹凸を金蒸着膜表面に転写するためには、マイクロ波の供給量(発振出力及び発振時間)と圧縮荷重(圧縮応力)を適切に選定することが重要である。

[0112] 尚、発明を実施するための最良の形態の項においてなした具体的な実施態様または実施例は、あくまでも、本発明の技術内容を明らかにするものであって、そのような具体例にのみ限定して狭義に解釈されるべきものではなく、本発明の精神と次に記載する特許請求の範囲内で、いろいろと変更して実施することができるものである。

産業上の利用の可能性

[0113] 本発明に係る金属薄膜チップ製造方法及び金属薄膜チップ製造装置並びに金属薄膜は、平坦度が求められるSPR法等の金属薄膜を有するチップを用いる測定機器等に用いる以外にも、レーザーの反射鏡などの用途で用いられる金属薄膜を平坦化するのに用いることが可能である。

請求の範囲

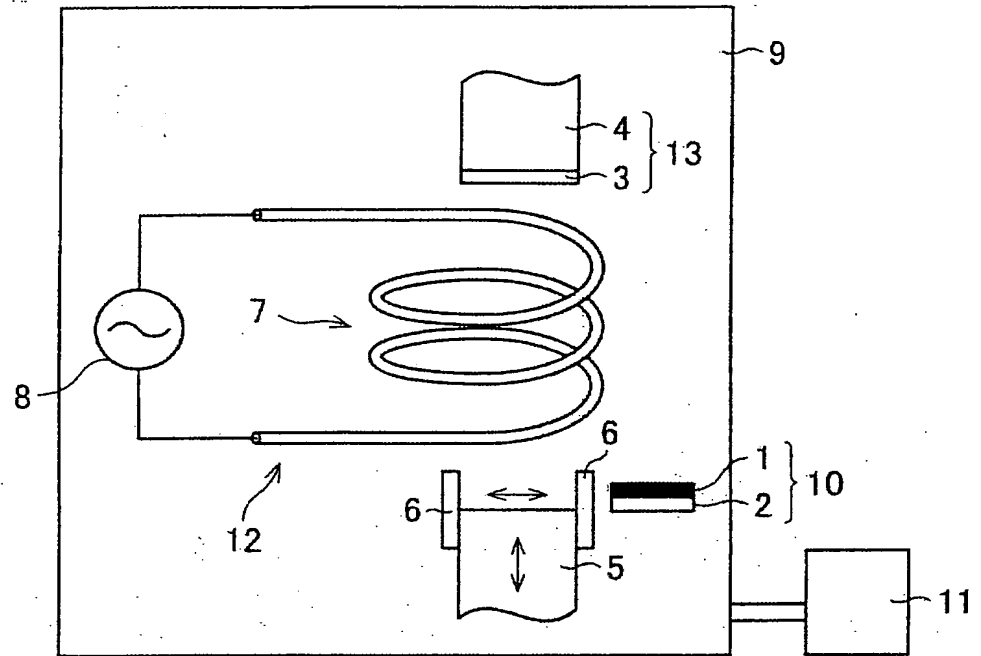
- [1] 第1の絶縁性基板上に形成されている金属薄膜の表面を平坦化する金属薄膜チップ製造装置であって、
上記金属薄膜チップが設置される設置台と、
設置台に設置された金属薄膜チップの金属薄膜を、第2の絶縁性基板により金属薄膜の表面に対して垂直な方向から挟み込むとともに、加圧する加圧手段と、
設置台に設置された金属薄膜チップの金属薄膜を加熱する加熱手段と、
を備えることを特徴とする金属薄膜チップ製造装置。
- [2] 上記加熱手段は、設置台に設置された金属薄膜チップの金属薄膜を貫くように磁束を発生する磁束発生手段を備え、上記磁束により金属薄膜を加熱することを特徴とするクレーム1に記載の金属薄膜チップ製造装置。
- [3] 上記加熱手段は、上記磁束発生手段としてのコイルを備える、高周波加熱装置であることを特徴とするクレーム2に記載の金属薄膜チップ製造装置。
- [4] 上記加熱手段は、マイクロ波の照射により、金属薄膜チップの金属薄膜を加熱することを特徴とするクレーム1に記載の金属薄膜チップ製造装置。
- [5] 上記加熱手段は、上記金属薄膜チップの金属薄膜に照射するマイクロ波を発生するマイクロ波発生手段を備える、誘電加熱装置であることを特徴とするクレーム4に記載の金属薄膜チップ製造装置。
- [6] 上記設置台および加圧手段は、誘電損失が小さい材料からなることを特徴とするクレーム1ないし5の何れか1項に記載の金属薄膜チップ製造装置。
- [7] 上記設置台に設置された金属薄膜チップを真空状態または不活性ガス雰囲気にて密閉する処理室を備えることを特徴とするクレーム1ないし6の何れか1項に記載の金属薄膜チップ製造装置。
- [8] 上記設置台に設置された金属薄膜チップを大気と同じ雰囲気にて閉鎖する処理室を備えることを特徴とするクレーム1ないし6の何れか1項に記載の金属薄膜チップ製造装置。
- [9] 金属薄膜チップの金属薄膜を、第2の絶縁性基板により挟み込まれた状態で固定する固定手段を備えていることを特徴とするクレーム1、7、または8に記載の金属

薄膜チップ製造装置。

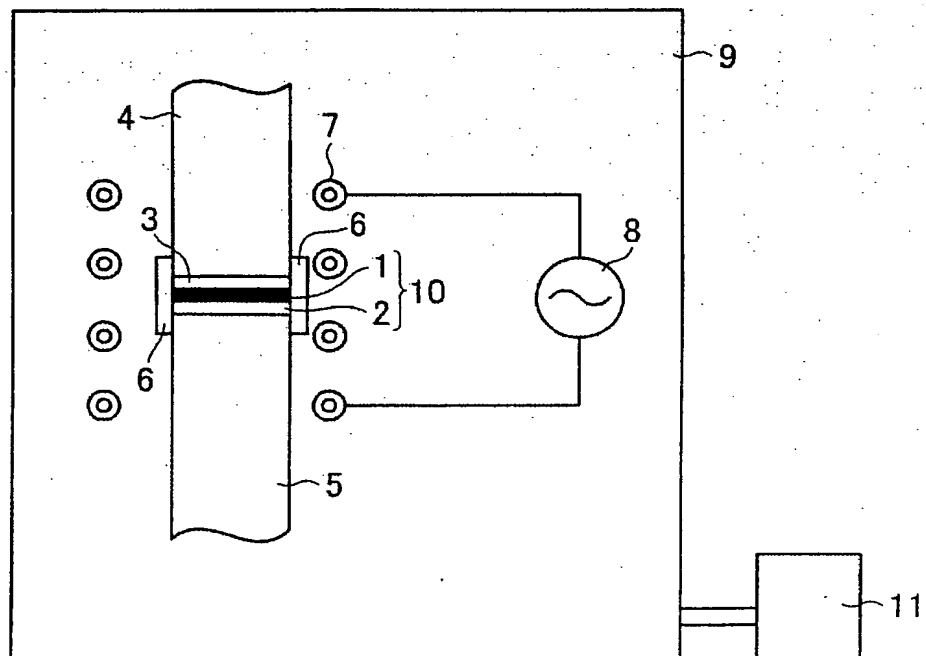
- [10] 上記設置台および加圧手段は、上記マイクロ波を通過させる特性を有することを特徴とするクレーム4または5に記載の金属薄膜チップ製造装置。
- [11] 上記金属薄膜は、金からなることを特徴とするクレーム1ないし10のいずれか1項に記載の金属薄膜チップ製造装置。
- [12] 上記第2の絶縁性基板における金属薄膜に接触する面は、1nm以下の表面粗さを有することを特徴とするクレーム1ないし11のいずれか1項に記載の金属薄膜チップ製造装置。
- [13] 第1の絶縁性基板上に形成されている金属薄膜の表面を平坦化する金属薄膜チップ製造方法であって、
上記金属薄膜を、第2の絶縁性基板により、金属薄膜の表面に対して垂直な方向から挟み込むとともに、加圧する加圧工程と、
金属薄膜を加熱する加熱工程とを含むことを特徴とする金属薄膜チップ製造方法。
- [14] 上記加熱工程において、磁束発生手段で、上記金属薄膜を磁束で貫くことにより金属薄膜を加熱することを特徴とするクレーム13に記載の金属薄膜チップ製造方法。
- [15] 上記加熱工程において、マイクロ波発生手段で、マイクロ波を上記金属薄膜に照射することにより金属薄膜を加熱することを特徴とするクレーム13に記載の金属薄膜チップ製造方法。
- [16] 上記加圧工程および加熱工程は、真空中または不活性ガス雰囲気、もしくは、大気と同じ雰囲気状態の何れかにて行うことを特徴とするクレーム13ないし15の何れか1項に記載の金属薄膜チップ製造方法。
- [17] 上記金属薄膜は、蒸着法により形成することを特徴とするクレーム13ないし16の何れか1項に記載の金属薄膜チップ製造方法。

THIS PAGE BLANK (USPTO)

[図1(a)]

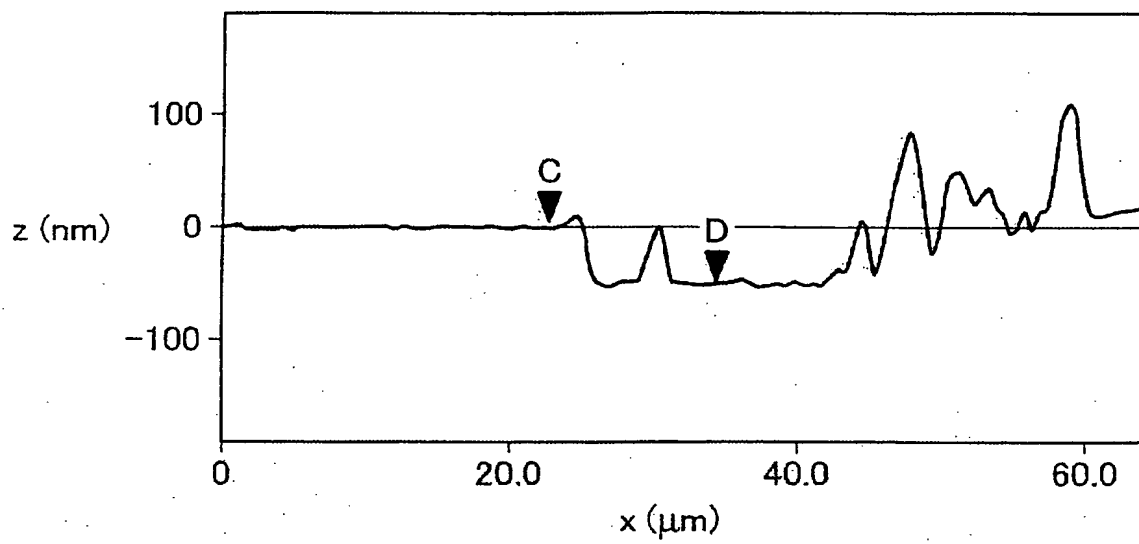


[図1(b)]



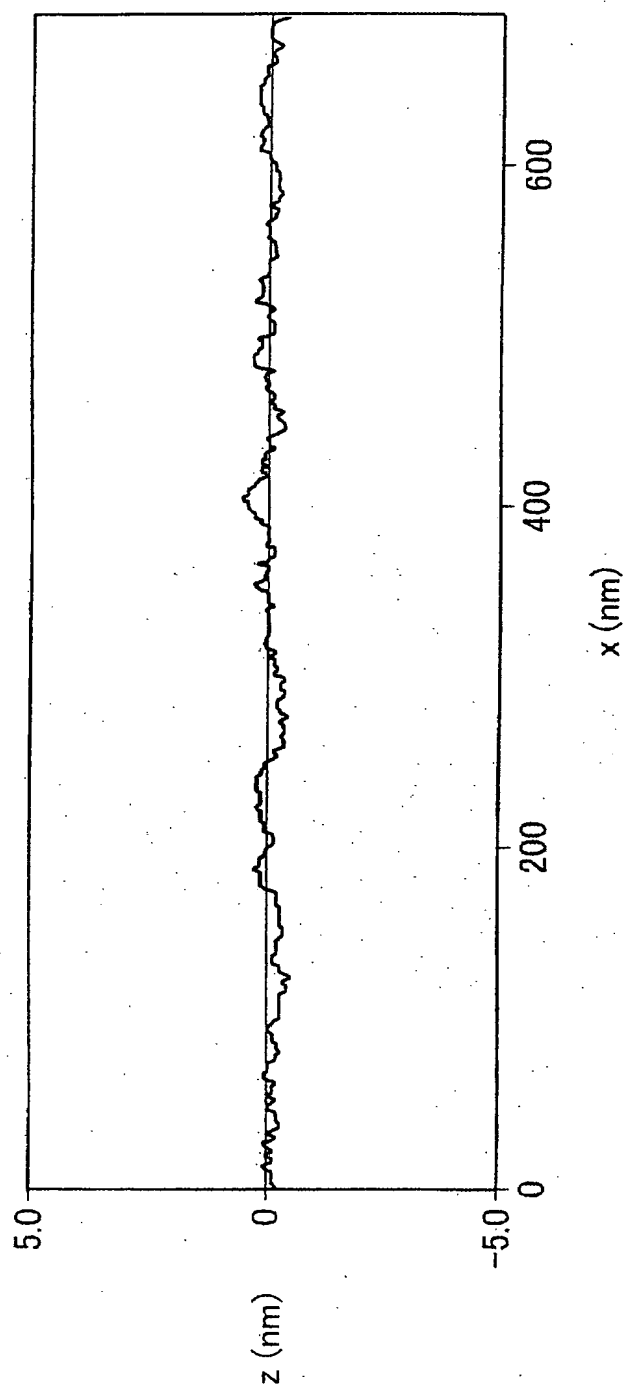
THIS PAGE BLANK (USPTO)

[図2]



THIS PAGE BLANK (USPTO)

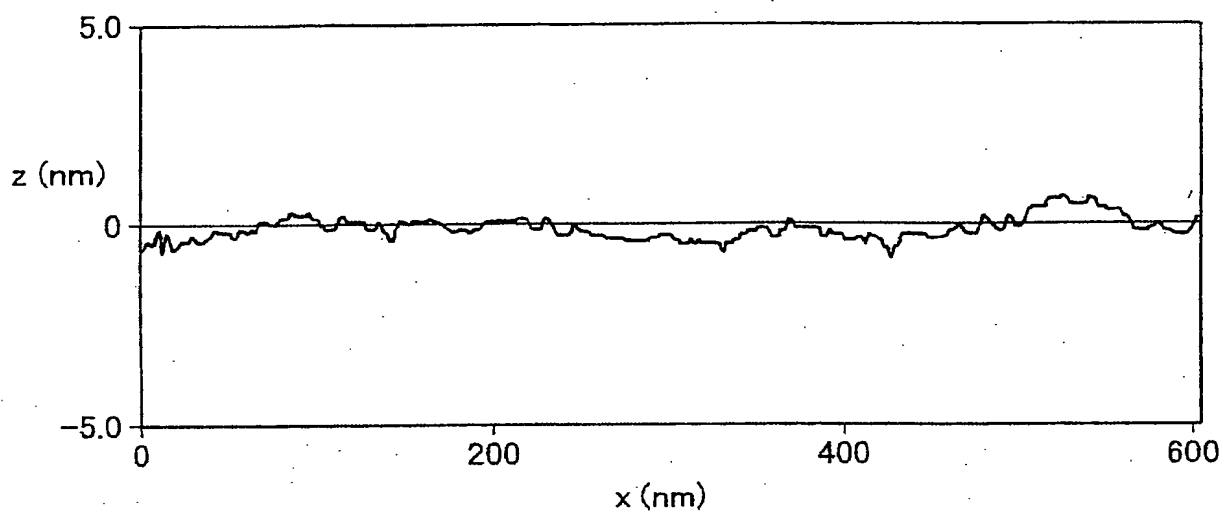
[図3]



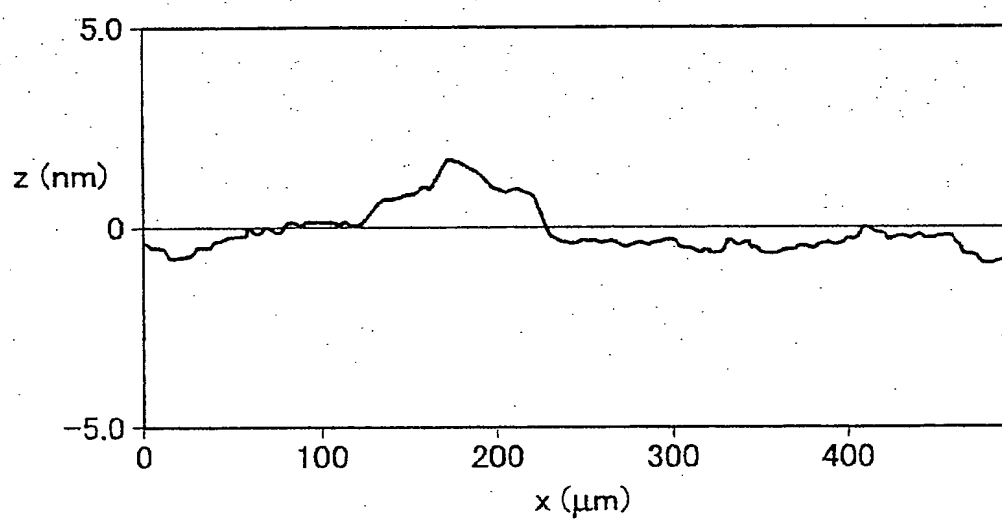
THIS PAGE BLANK (USPTO)

[図4]

(a)

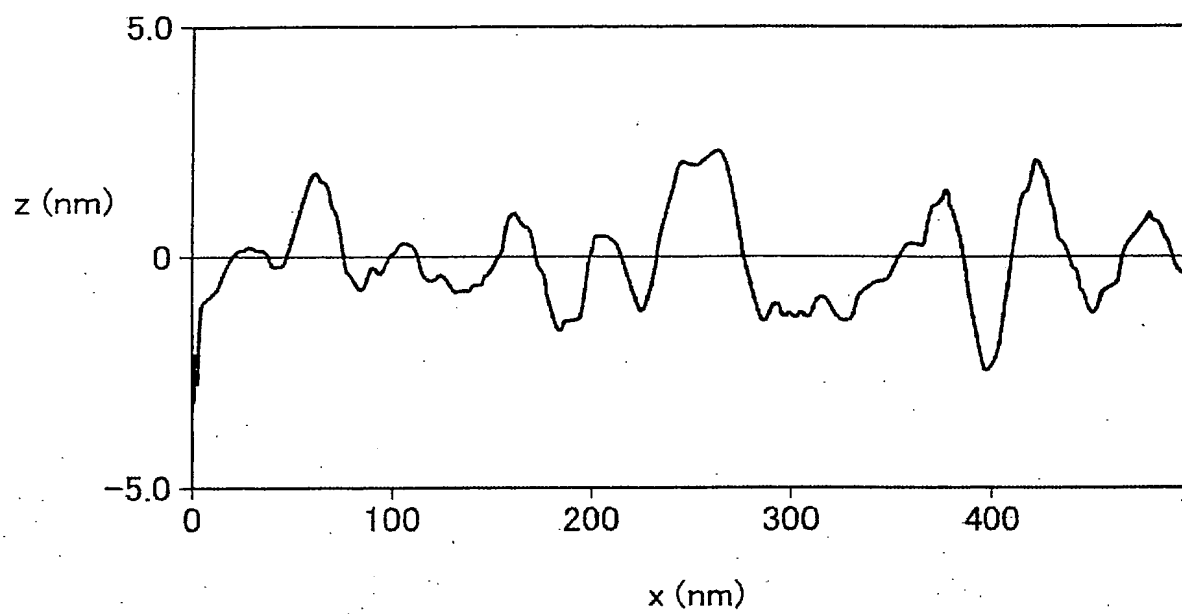


(b)

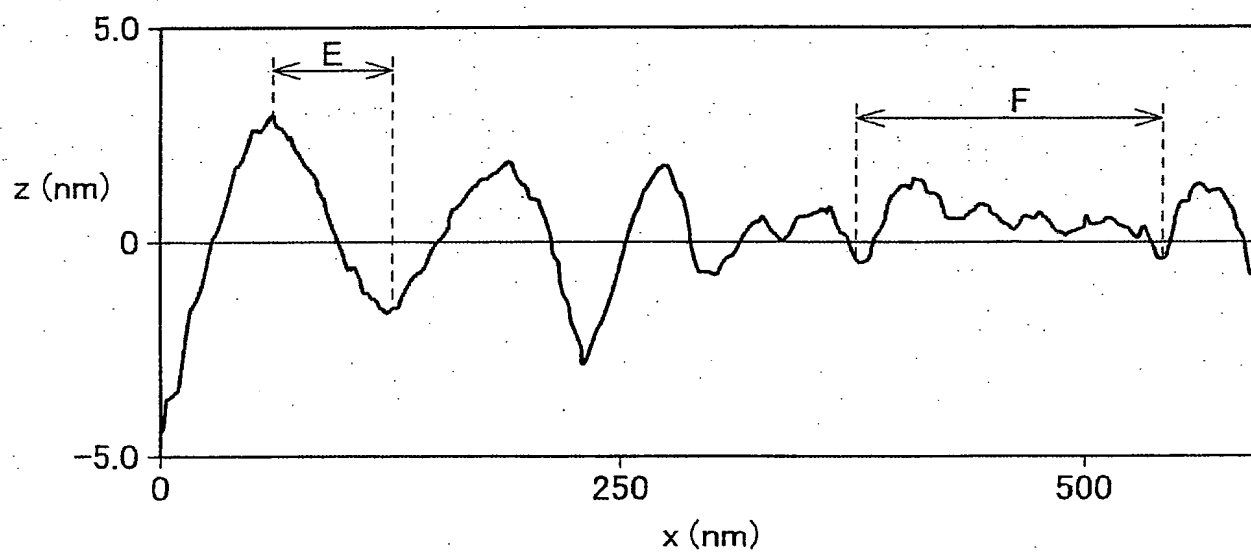


THIS PAGE BLANK (USPTO)

[図5]

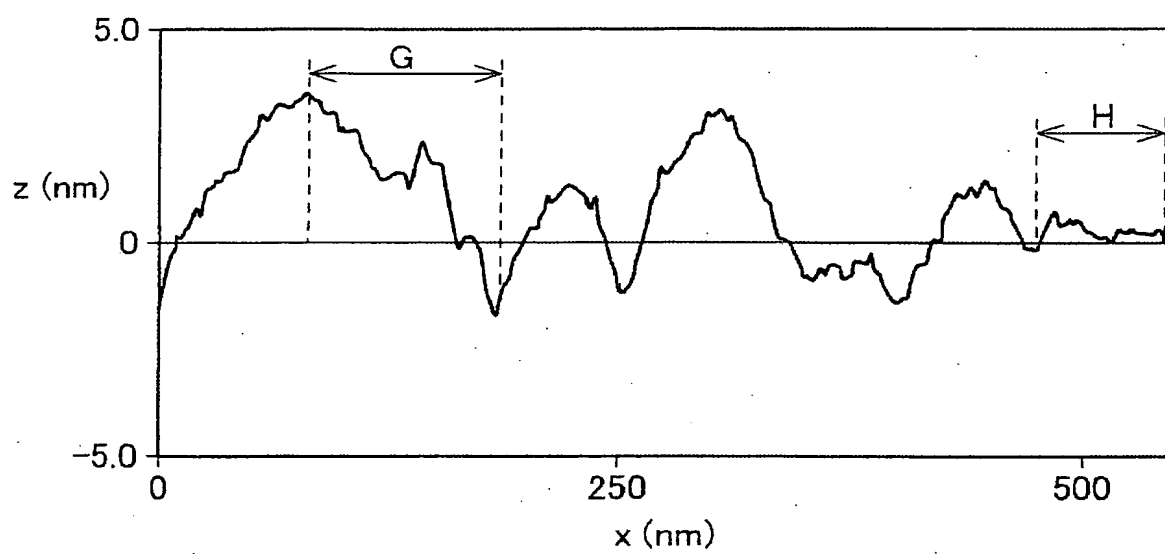


[図6(a)]



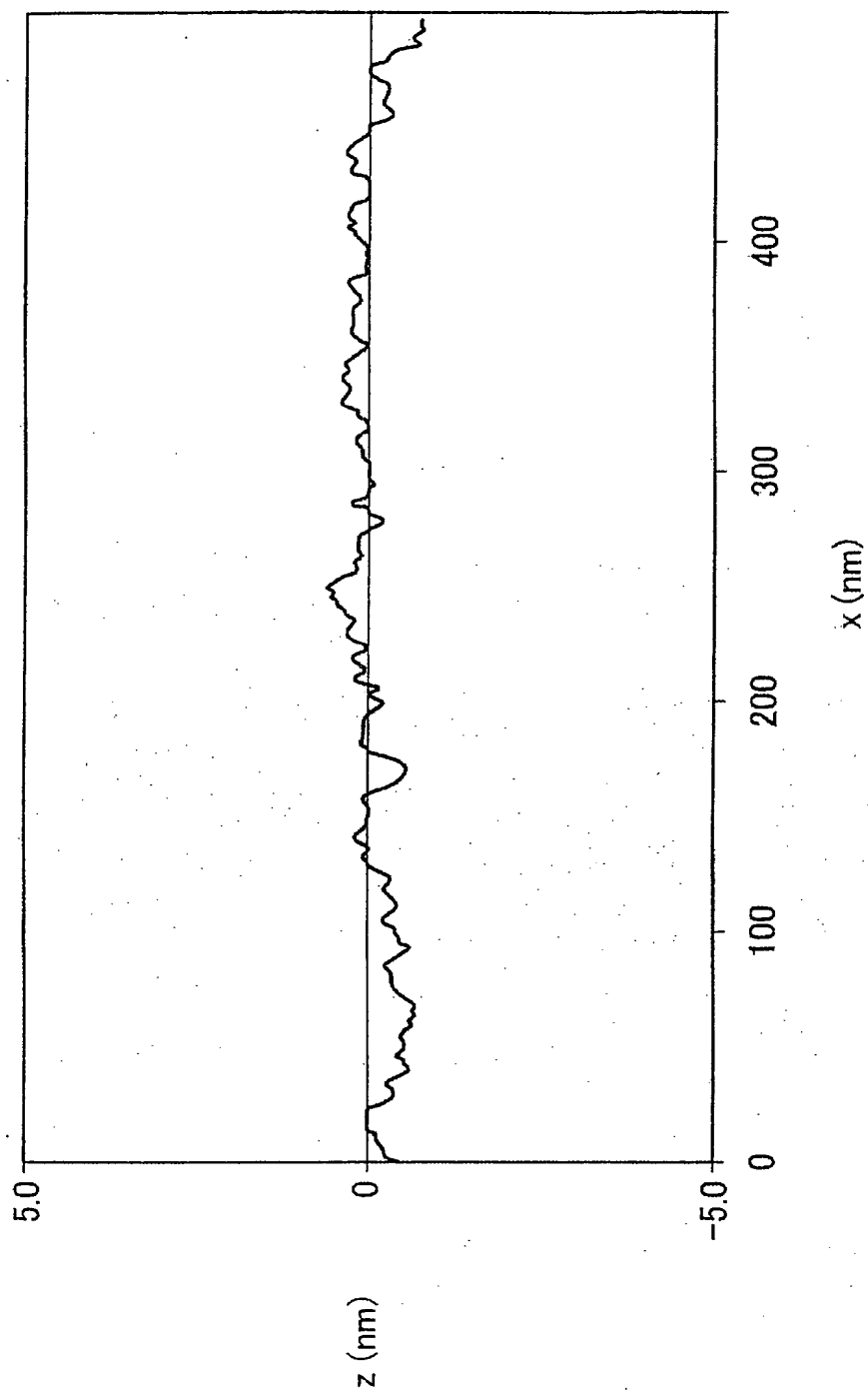
THIS PAGE BLANK (USPTO)

[図6(b)]



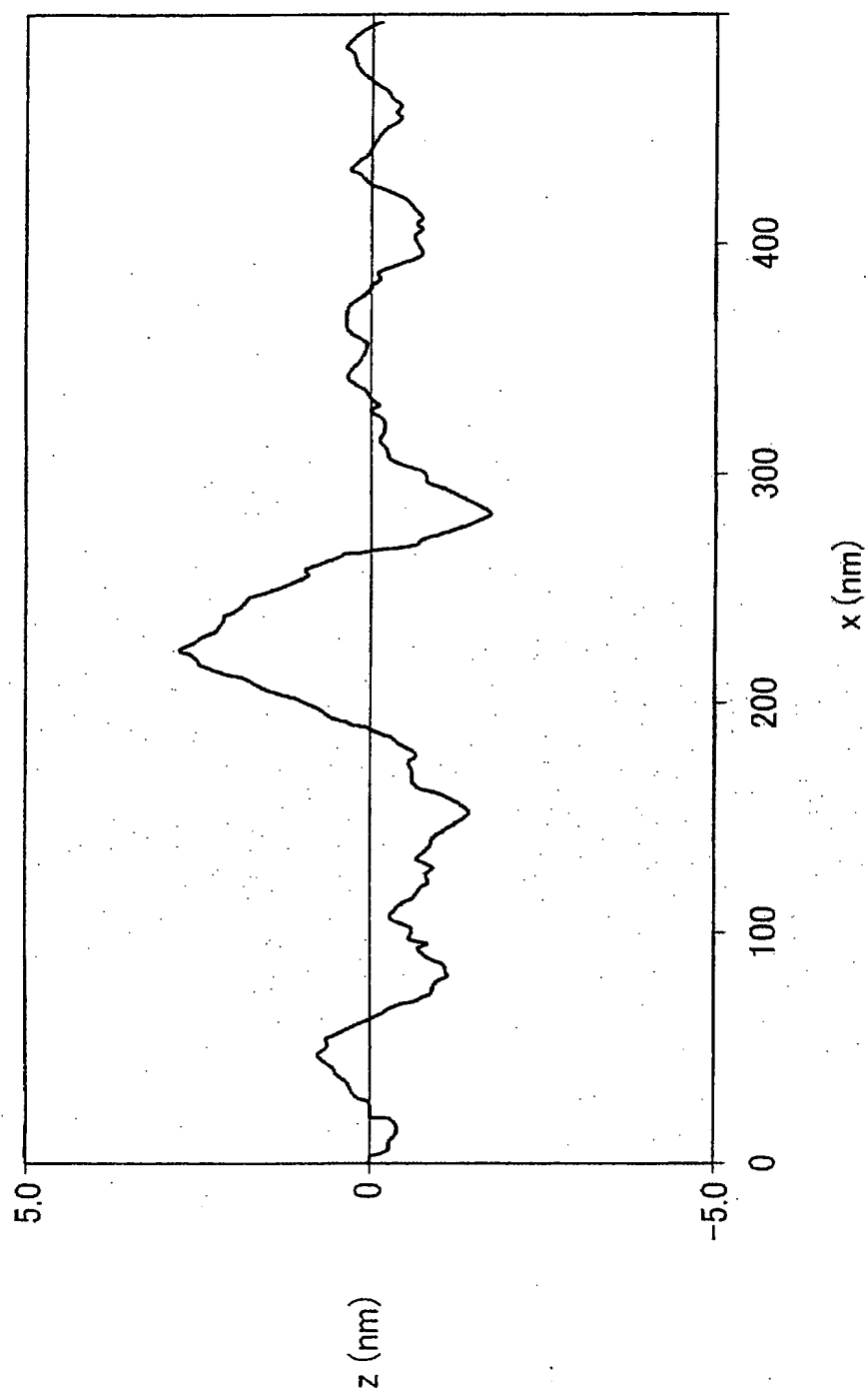
THIS PAGE BLANK (USPTO)

[図7]



THIS PAGE BLANK (USPTO)

[図8]



THIS PAGE BLANK (USPTO)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/014251

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁷ C23C14/58, C23C16/56

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ C23C14/00-14/58, C23C16/00-16/56, H01L21/205, H01L21/31

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

WPI/L, JOIS[press, pressing, thin film, rough, roughness, flat, flattened]

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 11-008240 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 12 January, 1999 (12.01.99), Claims; examples (Family: none)	1-17
A	JP 56-166373 A (Toshiba Glass Kabushiki Kaisha), 21 December, 1981 (21.12.81), Full text (Family: none)	1-17
A	JP 61-199067 A (Kyocera Corp.), 03 September, 1986 (03.09.86), Full text (Family: none)	1-17

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
22 December, 2004 (22.12.04)

Date of mailing of the international search report
11 January, 2005 (11.01.05)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

Best Available Copy

THIS PAGE BLANK (USPTO)

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ C23C14/58, C23C16/56

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ C23C14/00-14/58, C23C16/00-16/56, H01L21/205, H01L21/31

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2004年
 日本国登録実用新案公報 1994-2004年
 日本国実用新案登録公報 1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

WPI/L, JOIS [press, pressing, thin film, rough, roughness, flat, flattened]

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP 11-008240 A (松下電器産業株式会社) 1999.01.12, 特許請求の範囲, 実施例 (ファミリーなし)	1-17
A	JP 56-166373 A (東芝硝子株式会社) 1981.12.21, 全文 (ファミリーなし)	1-17
A	JP 61-199067 A (京セラ株式会社) 1986.09.03, 全文 (ファミリーなし)	1-17

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

22.12.2004

国際調査報告の発送日

11.1.2005

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

吉田 直裕

4G

3028

電話番号 03-3581-1101 内線 3416

THIS PAGE BLANK (USPTO)